

УДК 528.72/73

## КІЛЬКІСНІ ПАРАМЕТРИ ОСТРІВНИХ ЛЬДОВИКІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЦИФРОВОГО СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ

В.Н. Глотов<sup>1</sup>, С.Б. Ковальонк<sup>2</sup>, В.В. Чижевський<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка"

<sup>2</sup>Український антарктичний центр

**Реферат.** Дані останніх років спостережень за станом льодовикового куполу острова Галіндез, архіпелаг Аргентинські острови, свідчать про значні зміни, які відбулися протягом останніх 50 років. Середньорічна температура повітря у районі архіпелагу зросла більше ніж на 2С° за останні 40 років та досягла майже -4°С; наприкінці 1940-х середньорічна температура повітря складала -5.8°С, а у середині 1990-х -3.0°С. Спостереження за льодовиковим куполом острова Галіндез виконуються з початку роботи станції Фарадей/Вернадський. Данні спостережень Британської антарктичної служби одержані до 1987 року показують тільки незначні коливання максимальної висоти льодовикового куполу поміж відмітками 55 і 56 метрів. Найбільш значні зміни розмірів льодовикового куполу відмічаються на західній частині у районі льодовикових кліфів, де льодовик знаходиться під впливом морської абразії. У статті надані результати дослідження льодовикового куполу острова Галіндез у районі української антарктичної станції методом цифрової фототеодолітної зйомки. За даними зйомки об'єм льодовикового куполу зменшився приблизно на 2-3 відсотка протягом 2002 - 2004 років. За результатами спостережень можна зробити висновок, що льодовик зникне до кінця поточного століття.

**Количественные параметры островных ледников по результатам цифровой стереофотограмметричной съемки.** В.Н. Глотов, С.Б. Коваленок, В.В. Чижевский

**Реферат.** Данные последних лет наблюдений за состоянием ледникового купола о. Галиндез, архипелаг Аргентинские острова, свидетельствуют о значительных изменениях происшедших за последние пятьдесят лет. Среднегодовая температура воздуха в районе архипелага возросла больше чем на 2С° за последние 50 лет и стала около -4°С, в конце 1940-х среднегодовая температура воздуха составляла -5.8°С, а в середине 1990-х -3.0°С. Наблюдения за ледниковым куполом о. Галиндез выполняются с начала работы станции Фарадей/Вернадский. Данные наблюдений Британской антарктической службы выполненные до 1987 года показывают только незначительные колебания максимальной высоты ледникового купола между отметками 55 и 56 метров. Наиболее значительные изменения размеров ледникового купола отмечаются в его западной части в районе ледниковых клиффов, где ледник опускается ниже уровня моря и подвергается воздействию морской абразии. В статье представлены результаты исследования ледникового купола о. Галиндез в районе украинской антарктической станции методом цифровой фототеодолитной съемки. По данным съемки объем ледникового купола уменьшается приблизительно на 2-3 процента за период с 2002 по 2004 года. По результатам наблюдений можно сделать вывод о возможном исчезновении ледника к концу текущего столетия.

**Numerical parameters of island glaciers obtained using digital stereophotogrammetry** by Glotov V.N., Kovalonok S.B., Chizevskiy V.V..

**Abstract.** Recent observations of the small ice cap of Galindez Island have shown significant changes since the 1950s. The mean annual temperature in the island region increased by over 2С° during the past 40 years up to about -4°С. Temperature observations show that the mean annual temperature increased from about -5.8°С in the late 1940s to -3.0°С in the mid 1990s. Studies of the Galindez ice cap have been carried out from the commencement of Faraday/Vernadsky operations. The 1961 survey shows a reduced area enclosed by the fifty meters contour and this may reflect recession following the very mild period in the late 1950s. The BAS surveys prior to 1987 show only small variations in the maximum height of the ice cap, which was between 55 and 56 meters high. The most noticeable change of the ice cap occurred in the bay opposite Wordie House. The ice rested on rock is close to mean sea level and so it is affected by marine erosion at high tides. Although the bulk of the ice cap is receding, visual observation shows that the change is not uniform over the entire ice cap. Analyses of digital phototeodolite method using for island glaciers researches in the Vernadsky region are presented in the paper. The present observations show a reduction of about 2-3 per cent of the Galindez ice cap volume in 2002-2004. It is suggested that the ice cap can disappear by the end of the current century.

**Key words:** island glaciers, digital stereophotogrammetry

## 1. Вступ

Протягом 2002-2004 років у районі архіпелагу Аргентинські острови виконувалось цифрове стереофототопографічне знімання льодовиків, розташованих на островах Галіндез, Вінтер, Бархани. Згідно із супутниковими даними та спостереженнями на станції Фарадей/Вернадський Антарктичний півострів відрізняється швидким ростом середньорічної температури повітря. Як наслідок відбувається дезінтеграція шельфових льодовиків Ларсена, Ворді та зменшення за останні 50 років площі льодовикових куполів островів району півострова. Утворення айсбергів є частиною життєвого циклу льодовикового шельфу Антарктиди, але дезінтеграція малих льодовикових куполів та шельфових льодовиків можливо пов'язана зі змінами клімату. Площа льодовикового шельфу Антарктичного півострову з 1950 року скоротилася на 8 тис. км<sup>2</sup> (Vaughan et al., 2002). Льодовикові куполи малих островів є індикаторами швидких змін клімату у даному регіоні.

Аналіз наукової літератури свідчить про актуальність теми дослідження та сучасність методів, що використовуються. За даними вчених Британської антарктичної служби (Anderson et al., 1990) льодовиковий шельф Антарктичного півострову існував у цьому районі останні 10 тис. років. Льодовикові куполи зменшують свої розміри, але зміни, що відбуваються на них не є однорідними. Проведення постійного моніторингу, в тому числі стереофотограмметричним методом, визначення кількісних параметрів льодовиків, льодовикових куполів малих островів району Антарктичного півострову дозволить отримати нові дані для з'ясування причин змін, що спостерігаються в останні роки у навколишньому природному середовищі півострова та зробити прогноз на майбутнє (Fleming, 1940; Corner et al., 1973; Fowbert et al., 1994).

У роботі (Книжников та ін., 2002) розглянуто проблеми, пов'язані зі складанням на базі аеро- та космічних знімків фотопланів льодовиків Кавказу та Паміру. У статті висвітлюється проблема визначення швидкості переміщення льодовиків методом псевдопаралаксів. Роздільна здатність знімків, значна собівартість методів не дозволяє одержати високу точність кількісних характеристик об'єктів що досліджуються. Якісні характеристики наземного фототеодолітного знімання, яке пропонується авторами, дозволяють одержати точні дані про параметри льодовиків та у порівнянні з даними про інші складові навколишнього середовища змоделювати їх подальший стан. Для отримання кількісних параметрів льодовиків, моделювання процесів їх деградації необхідно зробити попередній розрахунок точності визначення поверхневих об'ємів, а також проаналізувати матеріали отримані за допомогою цифрового знімання.

Застосування цифрового фототеодолітного знімання для дослідження льодовиків дасть змогу: визначити поверхневі об'єми льодовиків; визначити повздовжні профілі льодовикових куполів; виконати порівняльний аналіз результатів обмірів.

## 2. Методи досліджень

Дослідження льодовикового куполу острова Галіндез виконуються протягом майже всього періоду існування станції. У 1960 році в роботах (Thomas, 1963; Sadler, 1968) було опубліковано дані про масбаланс льодовикового куполу, його форму та розміри. Для одержання інформації про стан льодовикового куполу було запропоновано проводити три типи вимірів: виміри на 50 метровому контурі, виміри за профілем льодовикового куполу з фіксованих точок, вимірювання краю льодовикових кліфів. Відповідно до (Thomas, 1963) льодовик острову Галіндез рухається у південно-західному напрямку зі швидкістю 80 см/рік. Південний край льодовикового куполу відокремлюється від тіла льодовика серією невеликих тріщин, найбільші тріщини відкриваються зі швидкістю 100 см/рік. Їх розташування визначається особливостями рельєфу підльодовикового ложа (Levashov et al., 2004). Протягом 1982–1996 років виміри проводилися з використанням теодоліта та тахіметра. Дані спостережень, що проводилися до 1995 року показують незначні зміни східного краю льодовика, який знаходиться під дією пануючих вітрів. Значна регресія кліфу у південно-західній частині льодовика очевидно пояснюється розташуванням льодовика нижче рівня

океану. Площа 50 метрового контуру протягом спостережень 1956, 1966 та 1987 років не змінювалася (Shanklin et al., 2004). Спостереження що проводилися до 1987 року показують тільки незначні варіації максимальних відміток висоти льодовикового купола, що коливалися поміж 55 та 56 метрами. Але сучасні спостереження свідчать про значне зменшення об'єму льодовикового купола (Глотов та ін., 2003).

Фотограмметричні та GPS спостереження льодовикових куполів малих островів району Антарктичного півострову в рамках ГІС проекту для островів Аргентинського архіпелагу, розпочаті у 2002 році. Головною метою спостережень є моніторинг льодовикових куполів островів Аргентинського архіпелагу в умовах швидких змін клімату. Зміни розмірів, форми, об'єму льодовикових куполів островів архіпелагу вказують на можливість використовувати дані фотограмметричних спостережень для вивчення регіональних змін клімату, та подальшого прогнозу їх стану. Фотограмметричні спостереження льодовикових куполів малих островів архіпелагу виконувались протягом 2002, 2003, 2004 років (Глотов та ін., 2003).

Спостереження дозволяють визначити наступні параметри льодовикових куполів: розташування та межі, динаміку протягом періоду спостережень, морфометричні та морфологічні характеристики, оцінку змін об'єму (Kovalenok et al., 2004).

Для визначення поверхневих об'ємів льодовиків був запропонований метод вертикальної мережі, при якій положення виходу льодовика проектувалося на площину, яка є нормаллю до оптичної вісі знімальної камери. Технологічна схема польових робіт полягає у наступному. На лівій та правій точках базису встановлювались прилад і марка: на лівій точці – цифровий фототеодоліт, на правій – візирна марка. Центрування проводилось звичайним для геодезичних приладів способом. Після встановлення цифрового фототеодоліта та марки вимірювалась висота інструмента  $i$ . Знімання проводилось при різних фокусних відстанях камери, що обумовлювалось ракурсами захоплення об'єкту. Далі, згідно технологічної схеми, визначались координати точок знімання з допомогою GPS у статичному режимі для підвищення точності знаходження місцеположення центрів (Глотов, 2003).

Таким методом протягом 2002-2004 рр. проведено три цикли знімання західної частини льодовика о. Галіндез та два цикли виходів льодовиків островів Вінтер та Бархани. Отримані матеріали були застосовані для визначення кількісних параметрів льодовиків і в першу чергу - поверхневих об'ємів. Як зазначалося вище, був запропонований метод вертикальної мережі, який звичайно застосовується для обчислення об'ємів під час вирішення маркшейдерських задач. Робоча формула методу розрахунку усього масиву виробки дорівнюватиме сумі елементарних об'ємів (Пузанов та ін., 1959):

$$V = \frac{1}{3} B^3 \Delta x \Delta z f \left\{ \left[ \frac{1}{p_{сер}^3} \right] - \left[ \frac{1}{p'_{сер}^3} \right] \right\}, \quad (1)$$

де  $B$  - довжина базису фотографування;  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  - прийняті розміри сторін елементарного квадрата (прямокутника) на знімку, що визначають собою кроки переміщення лівого знімка стереопари, за осями абсцис та аплікат;  $f$  – фокусна віддаль знімальної камери;  $p_{сер}$ ,  $p'_{сер}$  – паралакси нульового та наступних циклів, отримані кожен як середнє арифметичне з чотирьох паралаксів вершин елементів мережі.

Перейдемо тепер до визначення середньоквадратичної похибки (СКП) об'єму. Диференціювання формули (1) та перехід до відносної СКП, дає:

$$\left( \frac{m_V}{V} \right)^2 = 9 \cdot \left( \frac{m_B}{B} \right)^2 + \left( \frac{m_f}{f} \right)^2 + \frac{2m_p^2}{L} \left( \frac{1}{\Delta p'_{сер}{}^2} + \frac{4}{p_{сер}^2} \right) + \frac{2}{\sqrt{N^3}} \left\{ \left( \frac{m_{\Delta x}}{\Delta x} \right)^2 + \left( \frac{m_{\Delta z}}{\Delta z} \right)^2 \right\}, \quad (2)$$

де  $m_B$  – середня квадратична похибка базису знімання;  $m_f$ ,  $m_{\Delta x}$ ,  $m_{\Delta z}$ ,  $m_{\Delta p}$  - середньоквадратичні похибки визначення фокусної віддалі та похибки встановлення відліків за осями абсцис та

аплікат паралаксу;  $N$  – кількість симетричних квадратів (прямокутників) мережі;  $L$  – кількість усіх точок вимірів.

Підррахуємо за формулою (2) похибку визначення об'єму у відсотках. У нашому випадку:

$$\frac{m_B}{B} = \frac{1}{5000} \quad \Delta x = \Delta z = 2 \text{ мм}$$

$$m_f = 0,05 \text{ мм} \quad m_p = m_{\Delta x} = m_{\Delta z} = 0,005 \text{ мм}$$

$$f = 90 \text{ мм} \quad L = 264$$

$$p_{сер} = 20 \text{ мм}, \quad N = 231$$

$$p'_{сер} = 21 \text{ мм}.$$

Похибка перших двох членів буде складати – 0,1%, третього - 0,01%, і відповідно четвертого -

0,006%, тобто загальна відносна похибка:  $\frac{m_V}{V} = 0.12\%$ .

Аналізуючи результати, отримані за розрахунками чисельного прикладу, можливо зробити наступні висновки:

Похибки виміру базису та фокусної віддалі визначають величину відносної похибки об'єму, яка у всіх випадках буде однакою, тобто необхідно з максимальною точністю виміряти довжину базису знімання. Це можливо, оскільки вона визначається з допомогою GPS-приймачів при наявності перманентної станції. Точність фокусної відстані знімання камер у нашому випадку складає – 0,05мм, що обумовлено способом визначення (Глотов, 2003).

Третій член формули залежить від похибок паралаксів і буде зменшуватися від зміни площі елементарних фігур. Значний ступінь зменшення останнього члена залежить від збільшення величини масиву. Оскільки застосовується наземне фототеодолітне знімання, то звичайно всі похибки, що стосуються цього методу, присутні і при визначенні об'єму, тобто похибки визначення цієї величини залежать від відстані до об'єкту, а при збільшенні базису точність буде зростати. Суттєво, що точність буде також залежати від різниці паралаксів ( $\Delta p$ ), причому обернено пропорційно.

Провівши аналіз значень похибок необхідно відмітити, що більш значною є похибка інтегрування рельєфу поверхні, яку можливо зменшити шляхом диференціації окремих елементів вертикальної мережі на більш дрібні частки.

Як бачимо, у формулі (2) не присутні похибки елементів зовнішнього орієнтування; наявність цих похибок в значній мірі буде спотворювати величину об'єму. Розглянемо вплив похибок нахилу знімка на різницю повздовжніх паралаксів, оскільки вони безпосередньо впливають на відносну похибку визначення об'єму. Застосовуючи формули (Лобанов, 1983), отримаємо:

$$\Delta p_{\Delta \omega} = -\frac{z}{f} (x_1 \Delta \omega_1 - x_2 \Delta \omega_2), \tag{3}$$

$$\Delta p_{\Delta \varphi} = f(\Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_2) + \frac{x_1^2 \Delta \varphi_1 - x_2^2 \Delta \varphi_2}{f},$$

Враховуючи  $\Delta \varphi = \Delta \omega = 30''$ , для  $f=90\text{мм}$ ,  $x_1=40\text{мм}$ ,  $x_2=30\text{мм}$ ,  $z=30\text{мм}$ , тоді  $\Delta p_{\Delta \omega} = 0,0005\text{мм}$ ,  $\Delta p_{\Delta \varphi} = 0,013\text{мм}$ . Згідно отриманих даних точність метода при нормальному випадку знімання та орієнтування фототеодоліта з точністю  $30''$  не виходить за межі розрахункової, тобто 0,1%. Однак при рівновідхиленому випадку ( $15^\circ$ ) точність визначення об'ємів складає вже 1%; в цьому випадку знімки необхідно трансформувати.

З метою контролю вище викладеного методу були виконані геодезичні роботи, в процесі яких отримані координати опорних точок за контрольними напрямками. На поверхні льодовика (західна частина о. Галіндез див. рис.1) згідно з розмірами стереопари вибирались контурні точки, координати яких визначались прямою геодезичною насічкою. Виміри виконувались з

допомогою теодоліта 2Т2. Але у зв'язку з тим, що точки не маркувалися, із-за неможливості досягнення поверхні льодовика, виникла похибка візування і СКП визначення координат склала 0,09м.



а) 2002 р.



б) 2003 р.



в) 2004 р.

Рис. 1. Знімки західної сторони льодовика о. Галіндез за період 2002-2004рр.

Визначення об'єму виконувалося в програмному пакеті "Digital" наступним чином. На поверхні виходу льодовика набирались пікетні точки (приблизно 1500-2000 пікетів) в характерних регіонах рельєфу льодовика. Після чого визначався умовний об'єм даного циклу відносно поверхні, що утворилася пікетами та вертикальної площини яка задавалась від краю льодовика. Далі аналогічно оброблявся наступний цикл і визначалась різниця цих об'єктів. В результаті розрахунків отримували різницю поверхневих об'ємів суміжних циклів, тобто зміну цієї величини між сезонами.

Апріорна оцінка точності визначення об'ємів відповідно буде

$$m_V = k \cdot h \cdot m_l + l \cdot k \cdot m_h + l \cdot h \cdot m_k, \quad (4)$$

де,  $m_l, m_k, m_h$  - СКП зовнішнього орієнтування знімків;  $l, k, h$  - максимальні габаритні розміри льодовика.

В нашому випадку відповідно до першого та другого циклу -  $m_l = 0.20 \text{ м}, m_h = 0.13 \text{ м}, m_k = 0.50 \text{ м}, l = 210 \text{ м}, h = 40 \text{ м}, k = 40 \text{ м}$  тоді відносна

СКП буде складати  $\frac{m_V}{V} = 1.2\%$ . Порівнюючи методи наглядно видно, що метод вертикальної мережі на порядок точніший, але і метод пікетів не перевищує допустиму різницю.

Орієнтування знімків виконувалось за опорними точками, які були визначені прямою геодезичною насічкою другого циклу; повторне впізнання точок орієнтування виконувалось на першому та нульовому циклі; проводилось орієнтування попередніх циклів. Аналізуючи процес орієнтування, в першу чергу необхідно відзначити, що виникає досить суттєва складність повторного впізнання точок різних циклів. Це обумовлено досить значними змінами, що виникають на поверхні льодовиків. Орієнтувати знімки краще всього в режимі наземного знімання за двома поодинокими знімками.

### 3. Результати досліджень

За даними фотограмметричних спостережень найбільш значні зміни льодовикового куполу о. Галіндез спостерігаються у його західній частині, прилеглої до протоки Стела. У цьому місці край льодовикового куполу розташований нижче рівня моря. Дані про температурний режим морської води одержуються з 1973, хоча записи до 1989 року дискретні. Влітку протягом 2000-2001 років відмічені аномально високі значення температури води  $+4.2^{\circ}\text{C}$ , та до  $+5.0^{\circ}\text{C}$  на відкритій воді (Skrypnik et al., 2003).

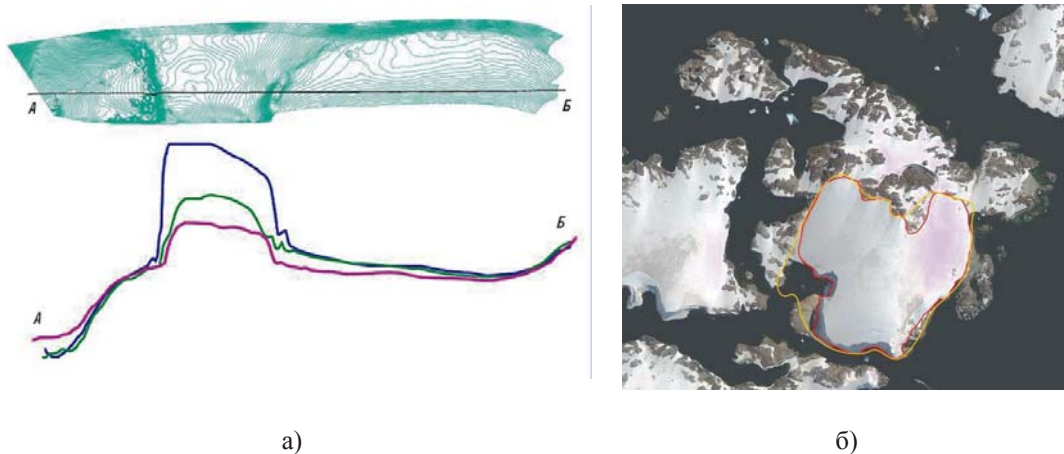


Рис. 2. Зменшення західної частини льодовика о. Галіндез (а) протягом 2002 - 2004 років дорівнює близько  $\sim 50\,000\text{ м}^3$  (загальний об'єм льодовика оцінюється у  $\sim 2\,000\,000\text{ м}^3$ ); (б) - границі льодовика у грудні 1961 року та у січні 2004 року (знімок Quick Bird 24 січня 2004 р.).

Імовірно підвищення температури повітря, високий рівень інсоляції та безвітряна погода є головною причиною температурних гідрологічних аномалій. Тренд температури морської води включає три максимуми:  $+3.5^{\circ}\text{C}$  для останньої декади грудня;  $+5.0^{\circ}\text{C}$  протягом січня/лютого;  $+2.5^{\circ}\text{C}$  для першої частини березня. З даними вимірювань прогрів охопив усю водну товщу до глибини 35 метрів. Оскільки південно-західна частина льодовикового куполу знаходиться нижче рівня моря, то унікально високі температури морської води (від  $+1$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ ), що реєструються протягом останніх п'яти років, можливо прискорюють деградацію льодовика (рис. 2).

### 4. Висновки

За даними спостережень останніх десятиріч починаючи з 1998 року льодовиковий купол значно змінює свої розміри та форму. Локальні спостереження свідчать, що головним фактором акумуляції є вітри північно-східного напрямку протягом тривалих снігопадів, особливо ті, які

припадають на перші снігопади кожної зими. Найбільша абляція спостерігається влітку протягом періоду зтяжних дощів та штормових вітрів, коли температура повітря близько 5°C. Як наслідок значного підвищення температури повітря у районі Антарктичного півострову відбуваються значні зміни у навколишньому середовищі островів архіпелагу (Morris et al., 1996). Ряд учених відмічають, що з підвищенням середньорічної температури повітря на 2.5°C за останні 50 років пов'язано скорочення площі морського льоду та дезінтеграція шельфових льодовиків (King, 1994; Vaughan et al., 2002). Згідно (Corner, 1973) було знайдено, що рослини *Deschampsia Antarctica* та *Colobanthus Quitensis* збільшили ареали за останні роки. За думкою (Thomas, 1961) льодовикові куполи малих островів архіпелагу Аргентинські острови є реліктами шельфового льодовика, і спостереження останніх років вказують, що вони знаходяться у стадії деградації. Фотограмметричні спостереження та GPS виміри дозволили одержати точні дані про зміни розмірів, форми та розміщення краю льодовикового купола, що відбуваються під впливом швидкого потепління у районі Антарктичного півострову. Запропоновані технологічні схеми визначення поверхневих об'ємів льодовиків дають змогу оперативної і з необхідною точністю розв'язати задачу визначення змін об'єму як методом пікетів, так і методом вертикальної сітки. Цифрове фототеодолітне знімання при застосуванні способу вертикальної сітки дозволяє визначити кількісні параметри льодовиків без додаткових геодезичних вимірів, але у випадку рівновідхилених знімків необхідно виконувати їх трансформування. У подальшому планується виконати обробку знімків льодовиків островів Вінтер та Бархани.

Результати спостережень вказують, що найбільша регресія відмічається у західній частині льодовика у районі кліфів (Kovalenok et al, 2004). За результатами фотограмметричних вимірів західної частини льодовика о. Галіндез визначено, що зменшення її поверхневого об'єму складає за 2002-2003 роки 23 000 м<sup>3</sup>, а за 2003-2004 роки – 28 000 м<sup>3</sup>. Дані спостережень свідчать про зменшення об'єму льодовикового купола більш ніж на 2-3% за останні три роки, що дозволяє робити прогноз про його можливе зникнення протягом поточного століття.

Роботу було виконано за часткової підтримки грантів ФФД МОН Ф7/362-2001, та МОН А/2-2004.

### Література

- Anderson B.I.** Antarctic Marine Geology. - Cambridge University Press, 1999. - 289 p.
- Corner R.W.**, Smith R.I.L. Botanical evidence of ice recession in the Argentine Islands // Br. Antarct. Surv. Bull. - 1973. - No. 35. - P. 83-87.
- Fleming, W. L. S.** Relic glacial forms on the western seaboard of Graham Land // Geogr. J. - 1940. - 96, No. 2. - P. 93-100.
- Fowbert, J. A.**, Lewis-Smith, R. I. Rapid Population Increases in Native Vascular Plants in the Argentine Islands, Antarctic Peninsula // Arctic & Alpine Research, 26. - No. 3. -1994. - P. 290-296.
- King J. C.** Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic Peninsula // International Journal of Climatology. - 1994. - 14, No 4. - P. 357-369.
- Kovalenok S.B.**, Milinevsky G. P., Glotov V. N., Tretjak K. R., Chizhevsky V. V., Greku R.Kh., Moskalevsky M. Yu. Small ice cap dynamic in the Antarctic Peninsula rapid climate change conditions // XXVIII SCAR Open Science Conference, Bremen, 2004 - Abstracts, Session 08: S08/O10. - 2004. - P. 216-217.
- Kovalenok S.B.**, Milinevsky G. P., Nedogibchenko S. M., Glotov V. M., Chizhevsky V.V., Greku R. Kh., Moskalevsky M. Yu., Macheret Yu. Ya., Ladanovsky Yu. V., Bakhmach P. V. The small glacier and island ice cap as indicators of the Antarctic Peninsula regional climate changes // XIII Glaciological Symposium, May 24-28, 2004, St.-Petersburg, Russia. - Abstracts. - 2004.- P. 79
- Kovalenok S.B.**, Milinevsky G.P., Shanklin J. D. Impact of Antarctic Peninsula climate change on Galindez Island ice cap dynamics // Antarctic Peninsula Climate Variability: History, Causes and Impacts, 16-18 September 2004, Cambridge, UK. – Poster.

**Levashov S.P.**, Yakymchuk N.A., Usenko V.P. et al. Determination of the Galindez island ice cap thickness by the vertical electric-resonance sounding method. // Ukr. Antarc. Zh. - 2004. - No.2. - P. 38-43

**Morris E.M.**, Mulvaney R. Recent changes in the surface elevation of the Antarctic Peninsula ice sheet // J. Glaciol. Geol. - 1996. - No. 31, Part 1. - P. 7-15.

**Sadler I.** Observations on the Ice Caps of Galindez and Skua Islands, Argentine Islands, 1960-66 // Br. Antarct. Surv. Bull. - 1968. - No. 17. - P. 21-49.

**Skrypnik V.**, Kovalenok S. Natural discharge of the Galindez island fresh lake (Antarctic Peninsula) as a regional climate changes result // Ukr. Antarc. Zh. - 2003. - No. 1. - P. 154 -155.

**Thomas R. H.** Studies on the Ice Cap of Galindez Island, Argentine Islands // Br. Antarct. Surv. Bull. - 1963. - No. 2. - P. 27-43.

**Vaughan D.G.**, Marshal G.J., Connolley W.M., Parkinson C., Mulvaney R., Hodgson D.A., King J.C., Pudsey C.J., Turner J. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula // J. Climatic Change. - 2002. - V. 12 (2). - P.1-44.

**Глотов В.М.** Особливості визначення фокусної відстані цифрових фототеодолітних камер // Міжвідомчий наук.-техн. збірн. "Геодезія, картографія і аерофотознімання". - Львів. - 2003. - Вип.63.

**Глотов В.М.** Створення фронтальних планів льодовиків Антарктичного узбережжя // Зб.наук. праць. "Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва". - Львів, 2003. - С. 264-268.

**Глотов В.Н.**, Коваленко С.Б., Милиневский Г.П., и др. Мониторинг малых ледников как индикаторов изменений климата в районе Антарктического полу острова // Укр. антарк. журн. - 2003. - №1. - С. 93-99.

**Книжников Ю.Ф.**, Золотарев Е.А. и др. Дистанционный мониторинг горных ледников: изменение технологии за последние 50 лет (на примере Эльбруса) // Материалы гляциологических исследований. - М. - 2002. - Вып.89. - С.58-64.

**Лобанов А.Н.** Фототопографія. - М.: Недра, 1983.

**Пузанов Б.С.**, Иванов Н.И. Методика измерений объемов и площадей по наземным стереоснимкам // Тр. ин-та «Оргэнергострой». - 1959.